

**METHOD AND DEVICE FOR RESISTANCE WELDING OF METALLIC PLATE**

**Patent number:** JP4322886

**Publication date:** 1992-11-12

**Inventor:** OKITA TOMIHARU

**Applicant:** FURUKAWA ALUMINIUM

**Classification:**

**- International:** B23K11/11; B23K11/16; B23K11/18; B23K103/02;  
B23K103/10; B23K11/11; B23K11/16; (IPC1-7):  
B23K11/11; B23K11/16; B23K11/18; B23K103/02;  
B23K103/10

**- european:**

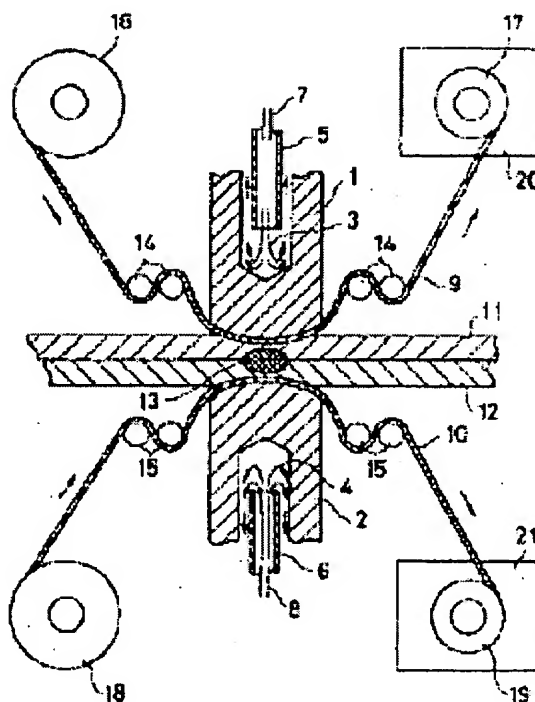
**Application number:** JP19910122124 19910424

**Priority number(s):** JP19910122124 19910424

**Report a data error here**

**Abstract of JP4322886**

**PURPOSE:** To provide the method and the device for extending an electrode service life in resistance welding of a metallic stock whose electrode service life is short at the time of resistance welding such as aluminum and aluminum alloy plates, and a metallic plating steel plate, and also, executing functionally welding. **CONSTITUTION:** This resistance welding method for a metallic plate supplies continuously conductive tapes 9, 10 between electrodes 1, 2 and stocks 11, 12 to be welded, and welds them through the conductive tapes, and also, this resistance welding device for a metallic plate is provided with feeding rolls 16, 18, supporting rolls 14, 15, coiling rolls 17, 19, and the electrodes 1, 2, supports the conductive tapes 9, 10 fed out of the feeding rolls by the supporting rolls, and supplies them continuously between the electrodes and the stocks 11, 12 to be welded.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-322886

(43) 公開日 平成4年(1992)11月12日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 11/11	5 4 1	7128-4E		
11/16	1 0 1	7128-4E		
11/18		7128-4E		
// B 2 3 K 103: 02				
103: 10				

審査請求 未請求 請求項の数4 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-122124

(22) 出願日 平成3年(1991)4月24日

(71) 出願人 000165963

古河アルミニウム工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 沖田 富晴

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

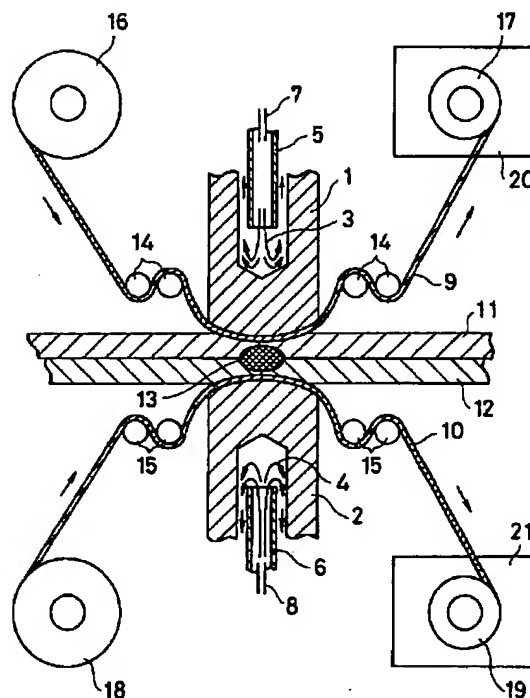
河アルミニウム工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 金属板の抵抗溶接方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 アルミニウムおよびアルミニウム合金板、金属めっき鋼板のような、抵抗溶接の際の、電極寿命が短い金属材料の抵抗溶接における電極寿命を延ばすと共に、能率的に溶接する方法および装置。

【構成】 電極1、2と被溶接材料11、12の間に導電性テープ9、10を連続的に供給し、前記導電性テープを介して溶接することを特徴とする金属板の抵抗溶接方法であり、また送りロール16、18、支持ロール14、15、巻取ロール17、19、および電極1、2を備え、前記送りロールより、送出された導電性テープ9、10を支持ロールにより支持し、電極と被溶接材料11、12との間に連続的に供給することを特徴とする金属板の抵抗溶接装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極と被溶接材料の間に導電性テープを連続的に供給し、前記導電性テープを介して溶接することを特徴とする金属板の抵抗溶接方法。

【請求項2】 送りロール、支持ロール、巻取ロールおよび電極を備え、前記送りロールより、送出された導電性テープを支持ロールにより支持し、電極と被溶接材料との間に連続的に供給することを特徴とする金属板の抵抗溶接装置。

【請求項3】 前記送りロールおよび巻取ロールをカセット方式にしたことを特徴とする請求項2記載の金属板の抵抗溶接装置。

【請求項4】 前記送りロールおよび巻取ロールに代えて、支持ロールおよび駆動ロールを備え、かつ前記導電性テープとしてエンドレステープを備えたことを特徴とする請求項2記載の金属板の抵抗溶接装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、アルミニウムおよびアルミニウム合金板、金属めっき鋼板（例えばZn、Zn合金、Sn、Sn合金等）のように、抵抗溶接の際の電極寿命が圧延鋼板より短い金属材料の抵抗溶接における電極寿命を延ばすとともに、能率的に溶接する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術とその課題】 従来、金属、例えば圧延鋼板、アルミニウムおよびその合金、およびZnめっき鋼板を抵抗スポット溶接する場合、電極材料としてJIS Z 3234-1977「抵抗溶接用導電材料」の第1種、または第2種を用いて、電極形状は、JIS C 9304-1986「スポット溶接用電極の形状及び寸法」で定めるものを用いて図5のごとく、2枚またはそれ以上の被溶接物11、12を重ねて、上下電極1、2で挟み、加圧、通電して溶接し、ナゲット13を形成する。溶接機としては、単相交流式、単相整流式、三相整流式、三相低周波式、コンデンサ式、インバータ式等の抵抗溶接機が用いられる。従来の圧延鋼板を用いた自動車等の大量生産における組立工程の接合方法として、抵抗スポット溶接方法が多く用いられているが、その理由としては、数秒で1点溶接でき非常に能率的な溶接方法であるとともに、一度溶接条件を設定すると全く素人の人やロボットでも容易に溶接ができ、安定した溶接ナゲットや継手強度が得られ大量生産に適しているからである。また、従来、自動車に使用されていた圧延鋼板を抵抗スポット溶接する場合はクロム銅電極でも電極寿命が10000点以上あり、ドレッシングに要する時間も些細なものであった。なお、ドレッシングとは、溶接する前に電極の先端を所定の形状に切削したり、所定の表面粗度に磨いたりして整えることを言い、電極寿命とは、1回のドレッシングで連続して所定の要求性能を有した

溶接部が得られる打点数のことである。電極寿命の判定基準として、例えば次のようなものがある。①ナゲット径、または引張せん断強さが規定の値以下になるまでの連続打点数、②電極先端に、電極と被溶接材料との合金層ができ、それが溶接部に転写されて外観が損なわれる現象をピックアップと称するが、これが発生する前までの連続打点数、③電極が被溶接材料に溶着してとれなくなる現象が起こる前までの連続打点数等がある。一般的には①の方法が用いられることが多いので、本明細書における電極寿命は、①を用いることとする。従来の圧延鋼板を用いた自動車の組み立てラインにおける抵抗スポット溶接の電極寿命は前述のごとく10000点以上であると言われているが、アルミニウムまたはアルミニウム合金の抵抗スポット溶接の電極寿命は200～500点と言われており、また、Znめっき鋼板の場合では1000～2000点が電極寿命であると言われている。このように、アルミニウムまたはアルミニウム合金、Znめっき鋼板のように電極寿命の短い材料の溶接方法として各種溶接方法が提唱されている。その代表例として、特開昭61-159288号がある。これは、アルミニウムまたはアルミニウム合金同士を電気抵抗溶接するに当たり、電極と被溶接物の間に電極より高電気伝導性のインサート材を介装することを特徴とするアルミニウムまたはアルミニウム合金の電気抵抗溶接法である。これは、図6に示す様に電極1、2と被溶接材料11、12の間に高電気伝導性のインサート材29を介装して、接触部30の温度上昇を抑え、被溶接材料の板厚方向の溶込みを浅くして溶接表面割れの発生を防ぐとともに電極寿命を延ばす方法である。

【0003】ところで自動車産業では、圧延鋼板は耐食性が劣るため最近鋼板にZnやZn合金等のめっきを施して耐食性や塗装性を改善しためっき鋼板が用いられるようになってきた。この材料を抵抗スポット溶接すると電極めっき鋼板の間の発熱で、ZnやZn合金の融点が低いので溶けだして電極と溶着したり、また電極の銅または銅合金とこれらの金属が合金化し易いため、電極先端に銅と被溶接材料の合金物が生成し、これが溶接時に材料表面に付着したり、スタンプされて溶接部の圧こんが非常に汚れるピックアップが発生する。また、この合金層が被溶接材料の溶接表面に次々と移行して行くため電極が消耗していく。特に電極中心部の消耗が大きいので電極先端は凹形になり、これに伴い、溶接部のナゲット径や引張せん断強さが低下し、電極寿命は、1000～2000点に低下してしまう。電極を切削したり、研磨して再度先端形状を正規の形に成形する（ドレッシングする）と再び溶接が可能となり、ナゲット径、引張せん断強さも元の値に回復する。このためZnめっき鋼板等をスポット溶接する場合は圧延鋼板の時より、頻繁にドレッシングを行わなければならない、溶接の能率が著しく低下した。また、これに要する時間や費用のため、Z

3

nめっき鋼板の溶接コストは圧延鋼板の溶接に比べて高いものになり問題であった。

【0004】地球の温暖化防止のため、自動車の省エネルギー化が進んでおり、車体重量を10%軽くすると約10%の省エネルギーができると言われている。このため自動車用材料としてアルミニウム合金の使用量が増加しつつある。アルミニウムおよびアルミニウム合金の融点は、圧延鋼板の約1/2以下であるが、熱伝導度、電気伝導度が約3倍であるため、圧延鋼板を溶接する時より高電流で短時間で溶接しなければならない。また、アルミニウムおよびアルミニウム合金の表面には絶縁性でしかも融点の高い酸化皮膜が生成しているため抵抗スポット溶接に際して、それが非常に影響を及ぼす。例えば、抵抗スポット溶接において、電極が材料に接して電流が流れた際、電極と材料間で、絶縁性の皮膜があるため発熱が多くなり、電極自体が加熱されたり、電極と材料で合金化して、前述のめっき鋼板のスポット溶接と同様な理由で電極が消耗する。このためアルミニウムおよびアルミニウム合金の電極寿命は、200~500点と言われている。このように短い電極寿命では、電極のドレッシングが非常に頻繁になり、自動車等の大量生産においてはこれがネックになり、問題であった。前記特開昭61-159288号のものは、電極寿命を延ばす方法としては良い方法であるが、電極の太さの2倍程度の幅の0.2mm程度の厚いインサートを添設する方法では溶接能率を従来の圧延鋼板と同程度にすることは困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、アルミニウムおよびアルミニウム合金、金属めっき鋼板（例えばZn、Zn合金めっき、Sn、Sn合金めっき等）等の金属の抵抗溶接における電極寿命を延ばすとともに、溶接能率を飛躍的に向上した溶接方法および装置を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、電極と被溶接材料の間に導電性テープを連続的に供給し、前記導電性テープを介して溶接することを特徴とする金属板の抵抗溶接方法を請求項1とし、送りロール、支持ロール、巻取ロールおよび電極を備え、前記送りロールより、送出された導電性テープを支持ロールにより支持し、電極と被溶接材料との間に連続的に供給することを特徴とする金属板の抵抗溶接装置を請求項2とし、前記送りロールおよび巻取ロールをカセット方式にしたことを特徴とする請求項2記載の金属板の抵抗溶接装置を請求項3とし、前記送りロールおよび巻取ロールに代えて、支持ロールおよび駆動ロールを備え、かつ前記導電性テープとしてエンドレステープを備えたことを特徴とする請求項2記載の金属板の抵抗溶接装置を請求項4とするものである。しかして前記の導電性テープは純銅および銅合金

4

または、鉄、ニッケル、チタン、クロム、銀、金およびこれらの合金、ならびにステンレス鋼などの単独、合わせ材及び複合材の他導電性の金属・合金が適用できる。また1本のテープをロールに巻いたもの、カセット方式のもの或いは、1本のテープをエンドレスに接続したものなどが使用でき、装置としては、前記のテープを一定間隔毎に自動的に選出する送りロールを有する自動供給装置、カセット方式などが備えられ、エンドレステープの場合は、駆動ロールが備えられる。なお本発明は電極が双頭のものや多数の電極の場合にも適用できる。また、本発明は、ロボット溶接ガンに設け、ロボットと連動して使用できる。

【0007】

【作用】前記の方法および装置により、溶接電流は、電極から導電性テープを通過して被溶接材料に流れ、被溶接材料間の抵抗により発熱、溶解し、ナゲットを形成する。しかし、電極と導電性テープの間では、導電性テープの放熱性が良いため発熱が少なく、接合までに到らず、電極の消耗もほとんど無い。また、導電性テープと被溶接材料との間でも、発熱が少なく接合には到らない。導電性テープを巻取ロールに巻いておき、1点溶接毎または1点以上溶接毎に電極と被溶接材料の間に供給、移動して、次々と溶接を行うことにより、連続打点が可能になる。また、導電性テープをカセットロールに巻いておき、1点溶接毎または1点以上溶接毎に電極と被溶接材料の間に自動供給して溶接し、溶接後、移動して、次の溶接を行うことにより、連続打点が可能になる。この工程を繰り返すことによって、全てのナゲットおよび圧こん表面が健全な溶接部が連続して得られ、電極の消耗が極めて少なく、電極寿命が延びるとともに溶接能率が飛躍的に向上する。さらに導電性テープをエンドレステープにすることにより装置の小型化ができ、同様の効果を発揮できる。前記の導電性テープは純銅および銅合金、鉄、チタン、ニッケル、クロム、銀、金、ならびにステンレス鋼などの単独、合わせ材及び複合材などの他、導電性の金属、合金が適用できる。

【0008】

【実施例】以下、添付の図面を参照して本発明の実施例について説明する。

実施例1

図1は、本発明の実施例1の態様を示す模式図である。上電極1および下電極2はJIS Z 3232の2種に相当するクロム銅（1%Cr-Cu合金）の16mmφを使用し、電極先端形状はR形で、R=150mmとした。電極には冷却用の9mmφの冷却穴3、4があいており、導管5、6を通して15℃の水7、8が18リットル/分の水量で流されて電極を冷却した。被溶接材11、12はAl-Mg合金である5182-O、板厚1mmの幅30mm、長さ200mmを用いた。溶接は、被溶接材料11、12を2枚重ねて、送りロール16、18、巻取り

5

ロール17、19に巻かれた導電性テープ9、10を、それぞれ上電極1と被溶接材料11、下電極2と被溶接材料12の間にセットする。導電性テープは、電極のクロム銅より高導電率の純銅で、厚さ50 $\mu$ m、幅16 $\mu$ mで、送りロール16、18に巻かれており、これを巻取り装置20、21により溶接箇所1に溶接溶接機と同調して、1点の溶接が終了して電極1、2が被溶接材料11、12から離れた時に、15mmずつ、支持ロール14、15を通して移動して溶接箇所1に供給され、使用した導電性テープは、順次巻取りロール17、19に巻き取られるしくみになっている。溶接は単相整流式抵抗溶接機を用いて、溶接電流22000A、電極加圧力1960N、通電時間5サイクルの溶接条件で、1点あたり5秒の間隔で行った。溶接前に電極の先端は#1000のエメリー紙でドレッシングし、その後、連続して12000点溶接し、溶接した試験片は4図のごとく引き剥\*

6

\*がし治具（ピール試験治具と称する）28に被溶接材料11の一端を挟み、まるめながら引き剥がしてナゲット13を得、その長径と短径をノギスで測定し、ナゲット径を次式で計算した。ナゲット径＝（長径＋短径）÷2（mm）電極寿命のナゲット径は、JIS Z 3140のA級の最小ナゲット径の4mmとした。比較のため、導電性テープを使用せず、直接電極1、2が被溶接材料11、12が接触する従来の方法で前述の場合と同一溶接機、同一溶接条件、同一溶接速度で溶接を行った。また、特開昭61-159288号の方法を再現するために、同じ導電性テープを30mmに切断して一々、溶接箇所1にマニュアルで添設して、同一溶接機、同一溶接条件、同一溶接間隔で溶接した。この結果は表1に示す。

【0009】

【表1】

分類	導電性テープ 材質と導電率 (%)	導電性テープ の状態	電極の材質 と導電率 (%)	電極寿命 (打点)	12000点 溶接の所要 時間(時間)
本発明 方法	純銅(50 $\mu$ m) 100	リール巻き	クロム銅 85	12000 (以上)	17.3
比較 方法	純銅(50 $\mu$ m) 100 なし	30mm添設 —	クロム銅 85 クロム銅 85	12000 (以上) 211	34.0

【0010】表1より明らかなように本発明方法によれば、12000点の溶接部は、全てナゲット径が4mm以上であった。つまり、電極寿命は12000点（以上）であった。この時の電極先端形状の変化を50点おきに感圧紙を電極1、2と被溶接材料11、12との間に挟んで、通電しないで加圧力だけかけて調べたが（約1点10秒必要とした）、12000点溶接後も、電極1、2の先端形状は、変化していなかった。また、溶接に要した時間は、62400秒（17.3時間）であった。それに対し、導電性テープを使用しない従来方法で溶接したものは212点で、ナゲット径が4mm以下になった。つまり、電極寿命は211点であった。また、その時の電極先端形状の変化を感圧紙で調べた結果、50点目で既に上下電極とも中心部が凹形に変形しており、打点数が多くなるに従って電極が消耗して当たりが大きくなっていた。30mmの長さの導電性テープをマニュアルで添設して溶接したものは、12000点溶接し、全てのナゲット径が4mm以上であったが、要した時間は122400秒（34.0時間）で、本発明方法の倍の時間がかかった。

#### 実施例2

図2は、本発明の実施例2の態様を示す模式図である。上電極1および下電極2はJIS Z 3232の2種に相当するクロム-ジルコニウム-銅合金（0.5%Cr-0.2%Zr-Cu合金）の16mm $\phi$ を使用し、電

極先端形状はR形で、R=150mmとした。電極1、2には冷却用の9mm $\phi$ の穴があいており、導管を通して15℃の水が18リットル/分の水量で流されて電極を冷却した（図示せず）。被溶接材料11、12はAl-Mg合金である5182-O、板厚1mmの幅30mm、長さ200mmを用いた。溶接には、被溶接材料11、12を2枚重ねて自動的に1点溶接する毎に30mm移動する自動供給装置を用いた。カセット22、23の送りロール16、18、巻取ロール17、19に巻かれた導電性テープ9、10は、それぞれ上電極1と被溶接材料11、下電極2と被溶接材料12の間にセットする。導電性テープは、電極1、2より高導電率の純銅製で厚さ70 $\mu$ m、幅16mm、で、送りロール16、18に巻かれており、これを巻取り装置20、21により溶接箇所1に溶接溶接機と同調して、溶接2点目毎に電極1、2が被溶接材料11、12から離れた時に、15mmずつ、支持ロール14、15を通して移動して溶接箇所1に供給され、使用したリボン10は、順次巻取りロール17、19に巻き取られるしくみになっている。溶接機、溶接条件は、実施例1と同じとし、溶接は2秒間隔で12000点溶接し、それを全てピール試験してナゲット径を求めた。この結果を表2に示す。

【0011】

【表2】

分類	導電性テープ 材質と導電率 (%)	導電性テープの 状態	電極の材質 と導電率 (%)	電極寿命 (打点)	12000 点 溶接の所要 時間 (時間)
本発明 方法	純銅 (70 $\mu$ m) 100	カセットリ ール巻き (自動供給)	Cr-Zr-Cu 合金 80	12000 (以上)	6.7

【0012】表2よりわかるように本発明の方法によるものは12000点の、全てナゲット径が4mm以上であった。つまり、電極寿命は12000点(以上)であった。12000点溶接後、感圧紙を電極1、2と被溶接材料11、12との間に挟んで、通電しないで加圧力だけかけて調べた結果、電極1、2の先端形状は、変化していなかった。また、溶接に要した時間は、24000秒(6、7時間)であり、本発明方法は従来の溶接方法に比べて非常に能率的であった。

#### 実施例3

第3図は、本発明の実施例3の態様を示す模式図である。上電極1および下電極2はJIS Z 3232の2種に相当するクロム銅(1%Cr-Cu合金)の16mm $\phi$ を使用し、電極先端形状はR形で、R=150mmとした。電極には冷却用の9mm $\phi$ の穴3、4があいており、導管5、6を通して15℃の水7、8が18リットル/分の水量で流されて電極を冷却した。被溶接材11、12は、板厚0.8mm、幅30mm、長さ200mmの両面Znめっき鋼板であり、Zn層24、25、26、27が20g/m<sup>2</sup>付いている。溶接は、被溶接材料11、12を2枚重ねて、送りロールに代えて支持ロール16、18とし、巻取りロールに代えて駆動ロール17、19としエンドレスの導電性テープ9、10を、それぞれ上電極1と被溶接材料11、下電極2と被溶接材料12の\*

間にセットする。導電性テープは、電極のクロム銅より高導電率の純銅で、厚さ30 $\mu$ m、幅16mmで、支持ロール16、18に支持されており、これを巻取り装置に代えて駆動装置20、21により溶接箇所溶接機と同調して、1点の溶接が終了して電極1、2が被溶接材料11、12から離れた時に、15mmずつ、支持ロール14、15を通して移動して溶接箇所にエンドレスに供給されるしくみになっている。溶接は単相交流式抵抗溶接機を用いて、溶接電流9000A、電極加圧力1960N、通電時間8サイクルの溶接条件で、1点あたり5秒の間隔で行った。溶接前に電極の先端は#1000のエメリー紙でドレッシングし、その後、連続して12000点溶接した。溶接後、全てピール試験し、ナゲット径を求めた。電極寿命のナゲット径は、JIS Z 3140のA級の最小ナゲット径の3.8mmとした。比較のため、導電性テープを使用せず、直接電極1、2が被溶接材料11、12に接触する従来の方法で、前述の場合と同一溶接機、同一溶接条件、同一溶接速度で溶接を行った。また、同じ導電性テープを30mmに切断して一々、溶接箇所にマニュアルで添設して、同一溶接機、同一溶接条件、同一溶接間隔で溶接した。この結果を表3に示す。

【0013】

【表3】

分類	導電性テープ 材質と導電率 (%)	導電性テープの 状態	電極の材質 と導電率 (%)	電極寿命 (打点)	12000 点 溶接の所要 時間 (時間)
本発明 方法	純銅 (30 $\mu$ m) 100	リール巻き	クロム銅 85	12000 (以上)	17.3
比較 方法	純銅(30 $\mu$ m) 100 なし	30mm添設 —	クロム銅 85 クロム銅 85	12000 (以上) 1250	34.0

【0014】表3よりわかるように本発明の方法による12000点の溶接部は、全てナゲット径が3.8mm以上であった。つまり、電極寿命は12000点以上であった。この時の電極先端状態を50点おきに感圧紙を電極1、2と被溶接材料11、12との間に挟んで、通電しないで加圧力だけかけて調べたが(約1点10秒必要とした)、12000点溶接後も、電極1、2の先端形状は、変化していなかった。また、溶接に要した時間は、62400秒(17.3時間)であった。それに対し、導電性テープを使用しない従来方法で溶接したものは1251点ナゲット径が3.8mm以下になった。つまり、電極寿命は1250点であった。また、その時の電

極先端形状の変化を感圧紙で調べた結果、50点目で既に上下電極とも中心部が凹形に変形しており、打点数が多くなるに従って電極が消耗して当たりが大きくなっていった。30mmの長さの導電性テープをマニュアルで添設して溶接したものは、12000点溶接し、全てのナゲット径が3.8mm以上であったが、要した時間は122400秒(34.0時間)で、本発明方法の倍の時間がかった。

【0015】

【発明の効果】本発明は、以上のように被溶接材料を重ねて抵抗溶接する際に、導電性テープを1点、またはそれ以上溶接毎に溶接箇所に供給することにより連続して

9

10

溶接を行うことが可能となり、また電極の消耗が極めて少なく、圧延鋼板と同等の電極寿命と溶接能率がアルミニウムおよびアルミニウム合金、各種めっき鋼板においても可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施態様を示す模式図。

【図2】本発明の実施態様を示す模式図。

【図3】本発明の実施態様を示す模式図。

【図4】ピール試験状況を示す斜視図。

【図5】従来の抵抗スポット溶接方法を示す模式図。

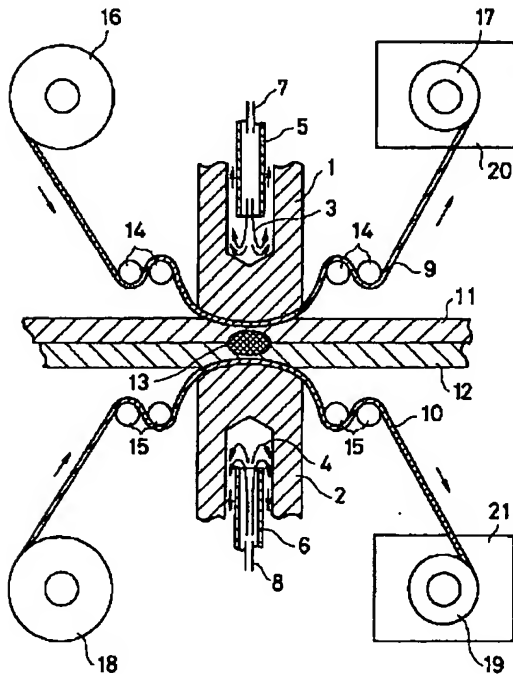
【図6】従来の抵抗スポット溶接方法を示す模式図。

【符号の説明】

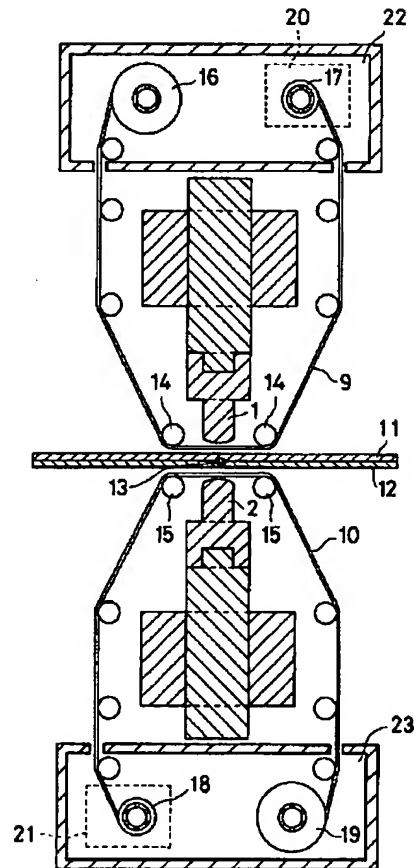
- 1 上電極
- 2 下電極
- 3 上電極の冷却穴
- 4 下電極の冷却穴

- 5 上電極の導管
- 6 下電極の導管
- 7、8 冷却水
- 9、10 導電性テープ
- 11、12 被溶接材料
- 13 ナゲット
- 14、15 支持ロール
- 16、18 送りロール
- 17、19 巻取りロール
- 20、21 巻取り装置
- 22、23 カセット
- 24、25、26、27 Zn層
- 28 ピール試験治具
- 29 インサート
- 30 被溶接材料同士の接触部
- 31 被溶接材料同士の接触近傍部

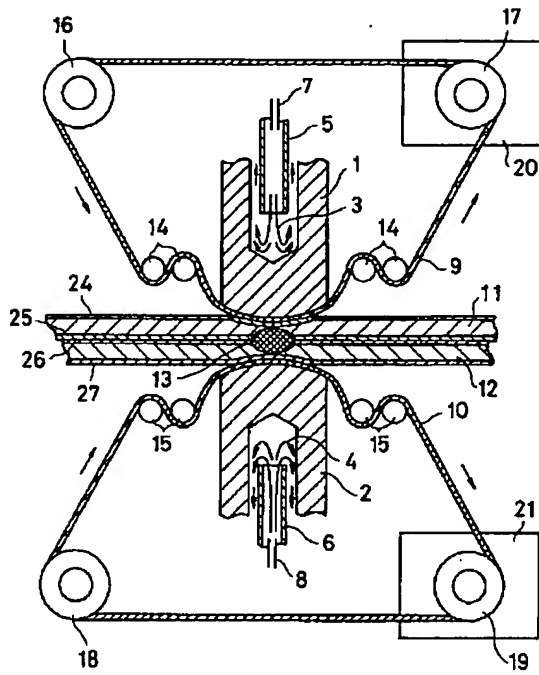
【図1】



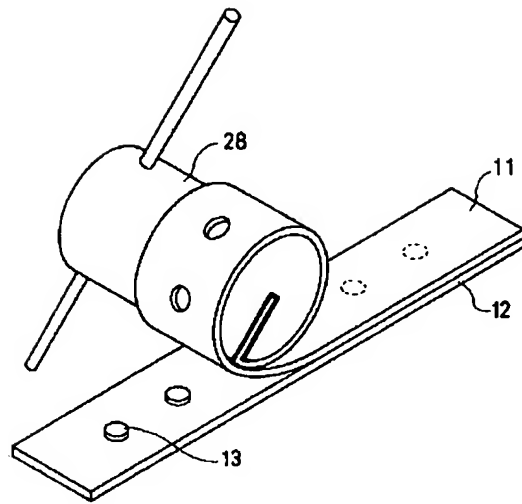
【図2】



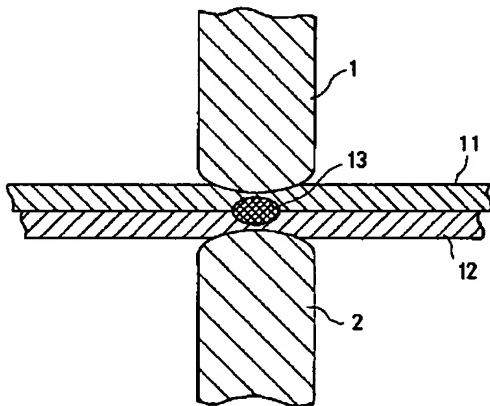
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

